Sanca Clima: estudo, instalação e operação da rede são-carlense de estações meteorológicas automáticas

[1]*Clezio Aniceto;* [2]*Guilherme Vinicius Biason;* [3]*Carlos Fabrício Santos de Santana;* [4]*Charles Wagner Bomfim.*

[1]*Professor da Escola Estadual Attilia Prado Margarido, São Carlos – SP (clezio@prof.educacao.sp.gov.br)*
[2]*Aluno de graduação no Instituto de Química de São Carlos – USP, São Carlos – SP (guilhermebiason@usp.br)*
[3]*Aluno na instituição Escola Estadual Jesuíno de Arruda, São Carlos – SP (jevejdjsnrhr@gmail.com)*
[4]*Aluno na instituição Escola Estadual Jesuíno de Arruda, São Carlos – SP (carlossantoshx@gmail.com)*

Resumo

Uma estação meteorológica é um equipamento amplamente empregado para monitorar e registrar parâmetros relacionados ao clima, incluindo temperatura, direção e velocidade do vento, índice pluviométrico, radiação solar, entre outros. A operação desses dispositivos desempenha um papel fundamental na previsão meteorológica, implicando na proteção das comunidades locais contra adversidades meteorológicas. Este projeto visa estudar, instalar e operar uma rede de estações meteorológicas automáticas, dispersando uma malha de equipamentos pelo perímetro urbano. Além disso, pretende-se fornecer informações para os órgãos responsáveis pela gestão e preparação de respostas diante de eventos climáticos extremos, como enchentes e períodos de seca. Através da rede, espera-se melhorar a tomada de decisões, garantindo a implementação de políticas públicas resilientes.
Palavras-chave: meteorologia, estação meteorológica, clima, mudanças climáticas.

1. Introdução

O estudo do clima é essencial para compreendermos os padrões atmosféricos que afetam diretamente a relação entre a sociedade e o meio ambiente. O clima desempenha um papel crucial em diversas atividades humanas, desde a agricultura até a gestão de recursos hídricos e na tomada de decisões relacionadas à infraestrutura. Além disso, em um contexto global, as mudanças climáticas se destacam como uma das questões mais urgentes do século, exigindo uma compreensão aprofundada das condições climáticas globais e suas tendências. Isso possibilita a criação de novas agendas, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Além disso, as estações meteorológicas desempenham um papel importante no âmbito educacional, aumentando a conscientização sobre as questões climáticas e promovendo uma compreensão da exigência em lidar com as mudanças atmosféricas.

Por fim, ressalta-se a importância de expandir a rede de estações na região, formando ramificações interconectadas que abrange todo o território urbano, visando o monitoramento do meio ambiente em uma escala microrregional.

2. Justificativa

A cidade de São Carlos, localizada no interior de São Paulo, enfrenta, historicamente, eventos climáticos intensos, como tempestades assíduas e períodos de seca prolongados. Nos últimos anos, o aumento da frequência e extremidade dessas ocorrências tem gerado impactos significativos na infraestrutura urbana, tal como as enchentes, associadas ao excesso de chuvas concentradas em curto espaço de tempo, comprometendo o sistema de drenagem urbano. Por outro lado, os períodos de seca afetam a disponibilidade

de água para consumo, agricultura e atividades industriais, comprometendo a qualidade de vida dos seres vivos.

O relatório da Organização Meteorológica Mundial – WMO (2021) aponta que os principais fatores desencadeadores dos mais de 11 mil desastres registrados entre 1970 e 2019 foram os eventos climáticos e meteorológicos extremos e que mais de 91% das mortes decorrentes ocorreram em países em desenvolvimento. Diante desse cenário, torna-se necessário a implementação de uma gestão pública eficaz adaptada às novas realidades climáticas. O monitoramento constante das condições meteorológicas contribui para a elaboração de políticas públicas de mitigação e resposta ágil em situações de risco, como o manejo sustentável das áreas de risco e a construção e aditamento de sistemas de captação de água das chuvas, além de solidificar um passo rumo a um futuro resiliente conectado.

3. Objetivos

Preliminarmente, este projeto propõe a instalação, operação, análise e manutenção de uma rede de cinco estações meteorológicas automáticas, distribuídas em regiões sem monitoramento, escolhidos com base em estudos abordados nesse artigo, seguindo parâmetros e normas definidas pela WMO e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O desenvolvimento da rede visa atender à necessidade de coletar dados meteorológicos de forma precisa, salientando grande fração de regiões periféricas. A coleta mútua de dados permite o acompanhamento em tempo real das condições meteorológicas, auxiliando a gestão pública a mitigar empecilhos significativos aos munícipes.

Conforme levantamento, duas estações serão instaladas na Fundação Educacional São Carlos (FESC), em ambos os campi, podendo expandir o escopo de funções dos equipamentos ao ensino da meteorologia prática e suas aplicações; análises e prevenção de riscos; pesquisas científico-acadêmicas e educação ambiental. Os dados das estações meteorológicas serão disponibilizados via *internet*, acessíveis através do *website* da Sanca Clima. Além disso, estuda-se a possibilidade de desenvolver um boletim diário relacionando as condições meteorológicas, sob programação do projeto “Ensino Básico em Revista”, emitido via Rádio UFSCar (95,3 MHz).

Por fim, a rede de estações complementares da Sanca Clima possui como um dos objetivos centrais a integração à rede nacional do CEMADEN, o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais, e o cadastro da instituição como Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil, o NUPDEC.

4. Metodologia

Nesta seção, são descritos os métodos e procedimentos adotados para a realização deste estudo, com o intuito de fornecer uma compreensão detalhada do processo de coleta e análise de dados.

4.1 Estações meteorológicas

As estações meteorológicas são equipamentos utilizados para a coleta de variáveis meteorológicas, subdivididas em diversos modelos, por exemplo:

- estações fluviométricas;
- estações pluviométricas;
- estações piezométricas;
- estações geotécnicas;
- estações de índice da qualidade da água (IQA);
- estações automáticas;
- estações convencionais.

As estações automáticas não necessitam de um operador, apenas para o tratamento de dados remotamente, enquanto estações convencionais necessitam de um técnico responsável a campo. Alguns tipos podem ser tanto manual como automática.

Com base no cruzamento de dados provenientes de plataformas digitais do DAEE, INMET, *Weather Underground*, *Ambient Weather Network*, *Davis Instruments*, além de estudos de campo, foi possível compilar em uma planilha a maioria dos equipamentos instalados em São Carlos e região: conforme apresentado na tabela do Apêndice – A, consiste em pelo menos vinte e duas

estações pluviométricas, dezessete estações fluviométricas, dez estações meteorológicas automáticas, três pluviômetros semiautomáticos, duas estações IQA, uma estação meteorológica convencional e uma estação piezométrica. Desse conjunto, há plena convicção de que apenas dezessete encontram operando. As estações do INMET são pioneiras em coleta de dados da região: instalada em um cercado de 25x18m próximo à saída norte da UFSCar, começou operar no fim da década de 1960 a primeira estação convencional, 83726, cuja cessou suas atividades em junho de 2024. Em 2006, foi instalada a estação automática A711, que parte de uma gama de aparelhos distribuídos por todo território nacional: consoante o segundo boletim informativo INMET (2007), a rede sinótica pretendia instalar ao menos 500 estações em uma área de 8,5 milhões de km^2. Hoje, esse número ultrapassa 564 estações automáticas operando em todo o Brasil.

4.2 Modelos de estações meteorológicas

As estações meteorológicas desempenham um papel fundamental na coleta de dados, permitindo monitorar e prever fenômenos atmosféricos de maneira antecipada. Conforme as diretrizes do WMO-No. 8 (2008), as estações devem ser projetadas para cumprir papéis específicos, garantindo medições de acordo com o tipo de estação utilizada. A escolha do modelo de estação meteorológica foi definida por diversos fatores, como a necessidade de precisão, a variabilidade dos dados e o custo-benefício da implementação, manutenção e prioridade ao mercado nacional, devido às taxas de exportações. A Tabela 1 apresenta modelos e valores consultado de estações automáticas:

Modelo	Fabricante	Valor total	E-shop consultado
Vantage Vue	Davis Instrument	R$ 10.900,00	CLIMA E AMBIENTE
Vantage Vue 2	Davis Instrument	R$ 14.900,00	CLIMA E AMBIENTE
Ciclus Water	Ciclus	R$ 5.789,00	Mercado Livre
WS-2902	Ambient Weather	R$ 3.790,00	Mercado Livre
WS-1965	Ambient Weather	R$ 2.420,00	Mercado Livre
WS-1965	Ambient Weather	R$ 1.898,82	Mercado Livre

Tabela 1. Relações entre modelo, fabricantes e valores de estações meteorológicas. **Fonte**: Autor.

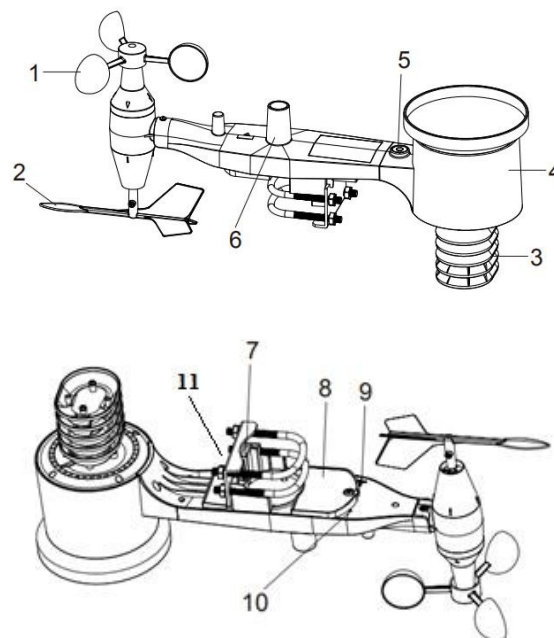



Figura 1. Esquematização da estação WS-1965. **Fonte**: WS-1965 Manual AW.

Devido ao alto custo dos equipamentos, decidiu-se que o modelo **Ambient Weather WS-1965** seria uma opção viável para a primeira rede de estações meteorológicas. A Ambient Weather Network, com sede no Arizona, é uma plataforma de monitoramento global que oferece soluções acessíveis para a coleta de dados meteorológicos.

Conforme a Figura 1, a estação meteorológica é equipada com diversos sensores, possuindo capacidade de coletar variáveis como: velocidade e direção do vento, sensor termo-higrômetro, e pluviosidade. Em relação aos números, pode-se classificar os utensílios deste modelo, com base no manual do fabricante:

1. Anemômetro digital (velocidade do vento);
2. Biruta digital (direção do vento);

3. Sensor termo-higrômetro (temperatura e umidade do ar) encapsulado em escudo térmico;
4. Pluviômetro digital (pluviosidade);
5. Nível de bolha;
6. Antena RF 915 MHz;
7. Parafuso U-Bolt para fixação em mastro;
8. Compartimento para duas baterias AA;
9. Botão de reset;
10. LED indicador de transmissão;
11. Suporte de fixação metálico.

Figura 2. Vista frontal da estação meteorológica WS-1965 montada. **Fonte**: Ambient Weather.

A tabela abaixo descreve a acurácia e a precisão dos sensores equipados na estação meteorológica, fornecendo informações sobre o desempenho de cada instrumento. A acurácia refere-se à proximidade das medições com os valores reais ou esperados, enquanto a precisão diz respeito à consistência das medições em diferentes testes quantitativos.

Medição	Faixa	Acurácia	Resolução
Temperatura externa	-40 ºC – 65 ºC	± 2 ºC	0,1 ºC
Umidade externa	10% – 99%	± 5%	1%
Pressão barométrica	299,6 mbar – 1100,5 mbar	± 2,7 mbar	0,01 mbar
Chuva	0 mm – 5994,6 mm	± 10%	0,2 mm
Direção do vento	0º – 360º	± 10º	1º
Velocidade do vento	0 – 160 km/h	± 3,5 km/h ou 10°%	2,2 km/h

Tabela 2. Variáveis e respectivas faixas de medição e precisão. **Fonte**: adaptado do manual WS-1965.

Além da estação meteorológica, são necessários alguns materiais auxiliares para garantir sua instalação e funcionamento adequado, são eles: mastro tipo haste para a fixação vertical da estação, bem como parafusos para a fixação do mastro; baterias de lítio tipo AA para alimentar a estação e seus componentes; ponto de conexão Wi-Fi. Recomenda-se que os roteadores estejam conectados a *nobreaks*, a fim de contornar eventuais quedas de energia em tempestades e evitar perda de dados durante a ocorrência. Devido à variação na disponibilidade e nos preços desses materiais, não houve cotação.

4.3 Levantamento de locais: estudo de casos

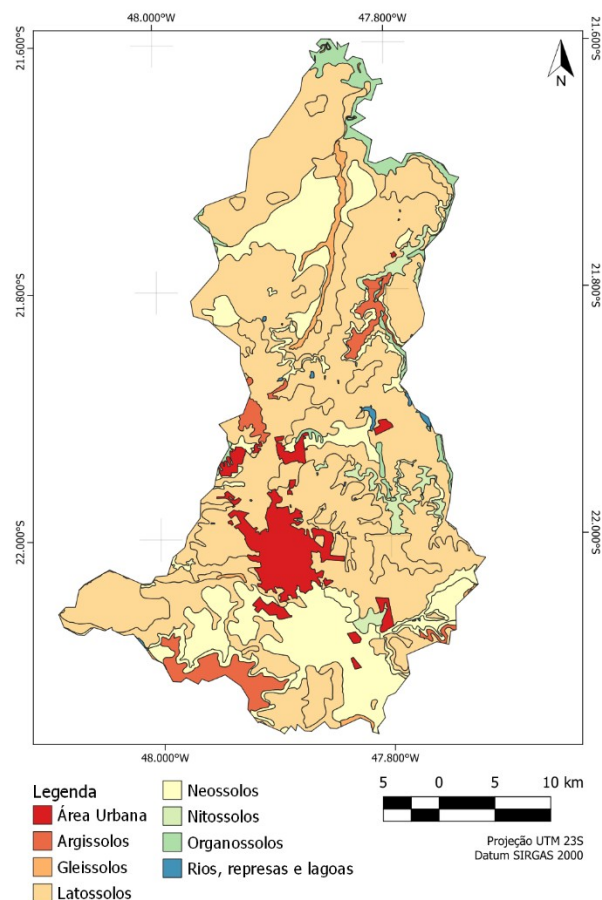
Tendo em vista a necessidade de observar parte do território são-carlense, foram definidos cinco locais propícios para a instalação das estações, e um ponto para instalação de um pluviômetro semi-automático, levando em consideração fatores como diversidade geográfica, uso do solo, acessibilidade e segurança das medições. Os estudos de casos foram baseados nos artigos científicos e relatórios técnicos cedidos pela plataforma digital “Observa Sanca”, um projeto dependente desenvolvido por docentes e alunos da UFSCar, por meio dos departamentos de Ciências Ambientais (DCAm) e de Hidrobiologia (DHb), e USP, através do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) e Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU).

A Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento, através da Nota Técnica núm. 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR, informa que 1.352 pessoas residem em áreas de risco geo-hidrológico, representando 0,53% da população são-carlense em relação ao censo IBGE de 2022. Os riscos envolvem deslizamentos, enxurradas e inundações. Segundo o Relatório Técnico núm. 144.443-205 – i/iii (IPT. 2015), apresenta os resultados do mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a deslizamentos e inundações do município de São Carlos - SP. A Tabela 3 indica as respectivas

regiões pautada no estudo do IPT e Defesa Civil:

Área	Nome da área	Processo	Nível de risco
SCA-01	Cidade Aracy – Av. Integração	Deslizamento	R3 – alto
SCA-02	Centro / Botafogo – Av. Francisco Pereira Lopes / Com. Alfredo Maffei / Rua Urano Martins	Inundação	R3 – alto
SCA-03	Centro / Centreville – R. Rui Barbosa / R. Geminiano Costa/ Av. Com. Alfredo Maffei	Inundação	R3 – alto
SCA-04	Jardim Dona Francisca – R. Roberto	Inundação	R3 – alto
SCA-05	Centro – R. Episcopal / R. Des. Ulisses Dória	Inundação	R3 – alto
SCA-06	Jardim Santa Paula – Av. Eliza Gonçalves Rabelo / Alameda dos Crisântemos	Inundação	R2 – médio
SCA-07	Jardim Ricetti – Av. Com. Alfredo Maffei	Inundação	R2 – médio
SCA-08	Azulville I / Azulville II – Av. Com. Alfredo Maffei / R. Germano Fehr Junior	Inundação	R2 – médio
SCA-09	UFSCar – Pq. Espraiado / Pq. Ecológico	Inundação	R2 – médio

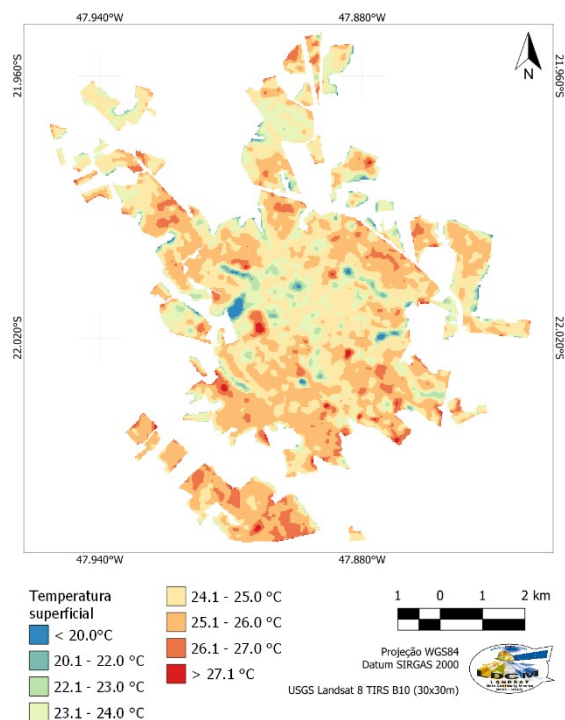
Tabela 3. Análise de riscos em regiões urbanas da cidade de São Carlos – SP. **Fonte**: IPT, 2015.

Segundo TREVISAN et al., 2018, o município é recoberto por cinco tipos de solo (Mapa 1) onde aproximadamente 70% da área está representada por áreas ocupadas por latossolos. Normalmente, este tipo de solo está situado em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%. Latossolos são solos minerais, homogêneos, com pouca diferenciação entre os horizontes ou camadas, reconhecido facilmente pela cor quase homogênea do solo com a profundidade. Os latossolos são profundos, bem drenados e com baixa capacidade de troca de cátions, com textura média ou mais fina (argilosa, muito argilosa) e, com mais frequência, são pouco férteis, conforme IAC-SP (s.d.).

Mapa 1. Classes de solo para o município de São Carlos – SP. **Fonte**: Autor.

Parte das estações foram planejadas para abranger as áreas de maior risco de deslizamentos e inundações, conforme o mapeamento do IPT e da Defesa Civil. O nome das estações meteorológicas segue um padrão composto por um prefixo e um sufixo. O prefixo "AWS" indica *Automatic Weather Station* (estação meteorológica, em inglês), enquanto "PLV" refere-se a pluviômetro. O sufixo numérico corresponde em ordem crescente a distância do geoponto mais próximo até o marco-zero da cidade de São Carlos (catedral).

4.3.1 WS-SANCA-01 e WS-SANCA-02

Localizadas a 2,75 km de distância**,** as primeiras estações meteorológicas serão distribuídas em dois pontos estratégicos: ambos os campi da

FESC. A estação WS-SANCA-01 se situará no campus FESC 1, na Vila Nery, enquanto o equipamento dois será instalado no segundo campus, na Vila Prado, próximo ao estádio municipal. Definiu-se como parâmetro principal a instalação das estações nos seguintes locais pela possibilidade de estudar e caracterizar as “ilhas de calor”, causada pela grande incidência de construções residenciais e pavimentação. SILVA, PEREIRA e PERES (2021) realizaram um levantamento dos anos de 2004 e 2020 entre a correlação da temperatura da superfície e parques urbanos/lineares, quantificando um aumento significativo da temperatura superficial nas áreas centrais e sul da cidade ao decorrer do tempo, com menores quadras arborizadas e poucos cursos d’água.

Mapa 2. Temperatura superficial do perímetro urbano. **Fonte**: Autor.

Com base no tratamento de dados da banda termal TIRS do satélite LANDSAT 8, o mapa apresentado na imagem acima, considera os valores da temperatura superficial da área urbana em 16/10/2024, às 13h10m, implicando em uma análise a respeito de pequenas frações cuja temperatura atingem valores acima de 27,1 °C. Alguns focos de calor são áreas em processo de loteamento, enquanto manchas mais distribuídas, entre 25,1 °C e 27,0 °C atingem habitações. A estação INMET A711 apresentou falha e não coletou dados às 13h, mas às 14h a temperatura máxima era 32,6 °C e umidade relativa a 34%. As estações possuem o potencial de relacionar temperaturas máximas em um raio de poucos quilômetros, exemplificando o estudo da amplitude térmica superficial.

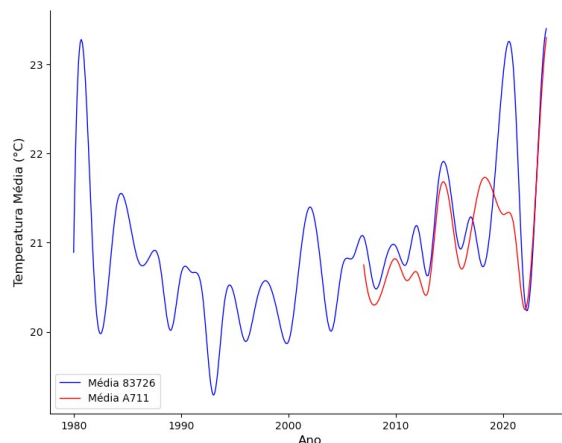



Gráfico 1. Média da temperatura anual, conforme dados do INMET. **Fonte**: Autor.

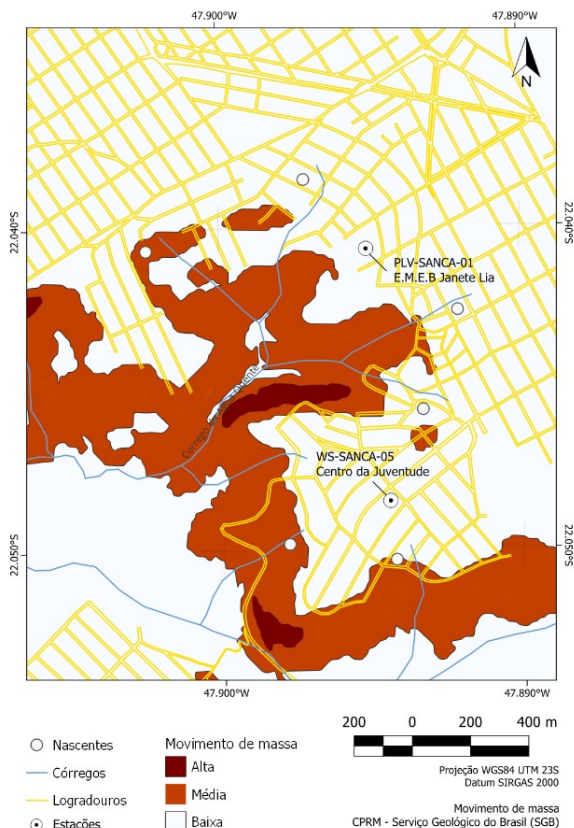
Para fins comparativos, o Gráfico 1 aponta as médias da temperatura anual, entre 1980 e 2023, das estações convencional 83726 (inoperante) e automática A711 (operando desde set. 2006), coletados através dos dados históricos da ferramenta BDMEP, e processados em linguagem *python*. Conota-se um gradativo aumento da temperatura ao longo dos anos, especialmente após os anos de 2004 e 2005. Entre a década de 1980 e 2000, a tendência era de queda na temperatura média anual. No entanto, entre 2013 e 2016, notam-se picos de aproximadamente 2,0 °C de diferença. Os picos de 1982 e 2020 partindo da estação convencional (linha azul) podem ser explicados pela falta de dados mensais, cujo processamento resultou em variância fora do normal.

4.3.2 WS-SANCA-03 e PLV-SANCA-01

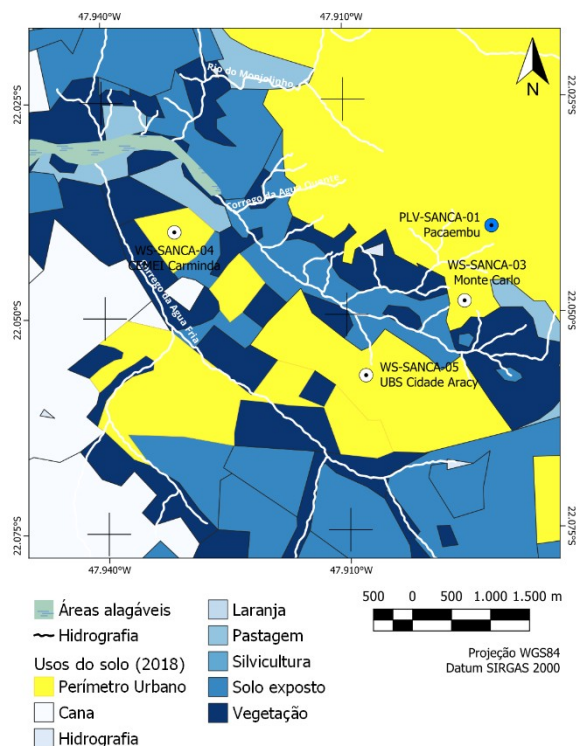
Constatou-se a possibilidade de instalar equipamentos na região IPT SCA-01 (Cidade Aracy), uma vez que apresenta o risco mais alto de deslizamento (R3), conforme a Tabela 3.

O Anexo – A apresenta um mapa de risco elaborado pela Defesa Civil de São Carlos, no qual a área SCA-01 abrange aproximadamente 235 mil m^2. Além disso, observa-se que a região propensa à erosão, situada entre a Av. Regit Arab e a R. Firmino Brigante, possui uma área de 122 mil m^2, destacando-se como uma zona de risco. Priorizou-se o posicionamento dos equipamentos em prédios públicos e instituições municipais. Serão situadas duas estações no entorno das áreas de risco: uma estação meteorológica automática WS-1965 e uma estação pluviométrica HD-2013DB.

A área sul consultada não possui equipamentos meteorológicos, portanto, planejou-se alocar dois pontos de coletas: uma estação meteorológica abrigada no "Centro da Juventude Elaine Viviani", por se tratar de um ambiente arborizado e próximo à serra do Aracy, denominada de WS-SANCA-03, enquanto uma estação pluviométrica HD2013-DB estará situada em um prédio da E.M.E.B Profa. Janete Maria Martinelli Lia (PLV-SANCA-01).

Mapa 3. Movimento de massas e geopontos das estações meteorológicas ao redor do "buracão". **Fonte**: Autor.

Segundo o mapa, a geomorfologia do local e das áreas circunvizinhas é caracterizada por terrenos com declives acentuados e relevo suscetível a processos erosivos, especialmente nas regiões do Jardim Gonzaga e Pacaembu, ao entorno do "buracão" – expressão utilizada pelos residentes. Essas áreas estão localizadas em vertentes com topografia cisalhada, apresentando quatro pontos de afloramento de água e áreas de preservação permanente (APP), pertencentes ao Córrego da Água Quente. Conforme a plataforma do Serviço Geológico do Brasil (SGB), o perímetro apresenta média (marrom-avermelhado) a alta (marrom escuro) suscetibilidade ao movimento de massas.

4.3.3 WS-SANCA-04 e WS-SANCA-05

Anteriormente, as estações quatro e cinco ficariam alocadas dentro do perímetro da grande Vila Prado, entre os bairros da Redenção e Botafogo. No entanto, reconsiderou-se a decisão e concluiu-se de que os bairros da cidade Aracy e Eduardo Abdelnur seriam mais promissores, pelos aspectos de serem regiões cujo relevo corresponde a planaltos, ausência de estações, presença de córregos e alta taxa habitacional. Na altura norte do bairro Abdelnur, há uma área cujo Anexo – B elenca como erosiva, reforçada pelo mapa do Anexo – A. Essa área corresponde a um trecho do córrego da Água Quente, que circunda a região, enquanto ao sul, encontra-se o córrego da Água Fria. Também ao sul, uma área de aproximadamente 1,05 km^2 de solo exposto, que trata de um espaço de mineração. Próxima ao residencial Vida Nova, Av. Regit Arab 941-944, há uma área propensa a enxurradas, conforme o mapa da Defesa Civil.

Mapa 4. Mapa de usos do solo (2018). **Fonte**: Autor, adaptado de TREVISAN et al., 2018.

A visualização do Mapa 4 possibilita a interpretação que grande parte do ambiente encontra-se rodeado de solo exposto e vegetação, ocasionada pelo fluxo intermitente da hidrografia regional, além de um pequeno trecho inundável, segundo TREVISAN et al., 2018. Após o estudo preliminar dos bairros, concluiu-se que a estação meteorológica WS-SANCA-04 será instalada na estrutura da CEMEI Carminda Nogueira de Castro Ferreira, localizada no bairro Abdelnur, área que abrange tanto o córrego da Água Quente quanto o córrego da Água Fria. Além disso, a estação está situada nas proximidades do canil/gatil municipal (1,25 km) e da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do Monjolinho (1,0 km). Por outro lado, a estação WS-SANCA-05 será localizada no centro da região da Grande Cidade Aracy, na Unidade Básica de Saúde (UBS) Cidade Aracy, abrangendo uma população de aproximadamente 80 mil pessoas, além da proximidade com a região SCA-01 descrita anteriormente. Considerando o contexto de um conglomerado de bairros com empecilhos socioeconômicos, como a carência de planejamento urbano adequado, bem como a urgência de arborização e de sistemas de drenagem fluvial dimensionado, a instalação de uma estação ao centro de uma área suprimida permite quantificar os problemas existentes e apresentar soluções viáveis ao poder público.

4.4 Transmissão de dados

As estações da rede Sanca Clima operam via *internet*, o que inviabiliza a instalação em pontos sem conexão *wireless*. Os dados da rede de estações meteorológicas serão disponibilizados gratuitamente em gráficos através da plataforma da Sanca Clima, disponível em https://sancaclima.com.br. A *dashboard* Interativa também requere dados da plataforma SIBH, vinculada ao DAEE, e a rede pluviométrica automática do CEMADEN, além de exibir em tempo real imagens de radar através da *API* REDEMET, administrada pelo Comando da Aeronáutica, e alerta do INMET. A página inicial do *site* conta com um *chatbot*, programado em linguagem *Javascript*, a fim de acrescentar uma camada interativa com o usuário, fornecendo alertas INMET em texto, imagens de satélite GOES-16, meteogramas locais e dicas de cuidados com o tempo adverso.

5. Conclusões

Portanto, conclui-se que a implementação de uma rede de estações meteorológicas, como as previstas nas localizações discutidas, desempenha um papel imponente na obtenção de dados em tempo real sobre as condições climáticas e ambientais das áreas atingidas. Essa rede permitirá uma análise clara dos fenômenos meteorológicos locais, contribuindo para um planejamento urbano eficiente e para a formulação de políticas públicas voltadas à melhoria da qualidade de vida da população. Além disso, a instalação de estações em pontos estratégicos, considerando a diversidade de contextos socioeconômicos e as especificidades de cada região, possibilitará a identificação de problemas como o risco de enchentes, a necessidade de arborização e a gestão adequada da drenagem fluvial. Com base nas informações geradas por essas

estações, será possível criar soluções mais assertivas, promovendo a sustentabilidade urbana e a resiliência das comunidades frente aos desafios climáticos e ambientais.

6. Referências Bibliográficas

World Meteorological Organization (WMO). 2008. **Guide to Hydrological Practices, Vol. I: Hydrology – From Measurement to Hydrological Information**. Sixth edition. Geneva, Switzerland: WMO No 168.

AMBIENT WEATHER. **WS-1695 USER MANUAL AND STANDARTS**. Disponível em: https://ambientweather.com/manuals.html?srsltid=AfmBOop7MzQ3XvJfkSbRAbk7PWxLMUa6zV6YKFy-jfWgLq0IHOV-Pjw8. Acesso em: 2 fev. 2025.

MENDES, Heloisa Ceccato e MENDIONDO, Eduardo Mario. **Histórico da expansão urbana e incidência de inundações: o caso da bacia do Gregório, São Carlos-SP**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 12, n. 1, p. 17-27, 2007Tradução . . Disponível em: http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/8929ab216c275c4e6f0c83e08e1e2fbb_239069120256863bc9bc6df8ae5bcd86.pdf. Acesso em: 29 jan. 2025.

INMET. **INMET COBRE O BRASIL DE ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS**: **A METEOROLOGIA MAIS PRECISA**. BOLETIM INFORMATIVO DO INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, [S. l.], ano 1, v. 2, p. 1-4, jul./ago. 2007.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Relatório Técnico núm. 144.443-205 – i/iii (2015). **MAPEAMENTO DE ÁREAS DE ALTO E MUITO ALTO RISCO A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SP**, Gabinete do Governador, 2015.

SEAM. Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento. Nota Técnica núm. 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR (2023). **Atualização dos critérios e indicadores para a identificação dos municípios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais**. Processo 00042.000497/2023-74, 2023.

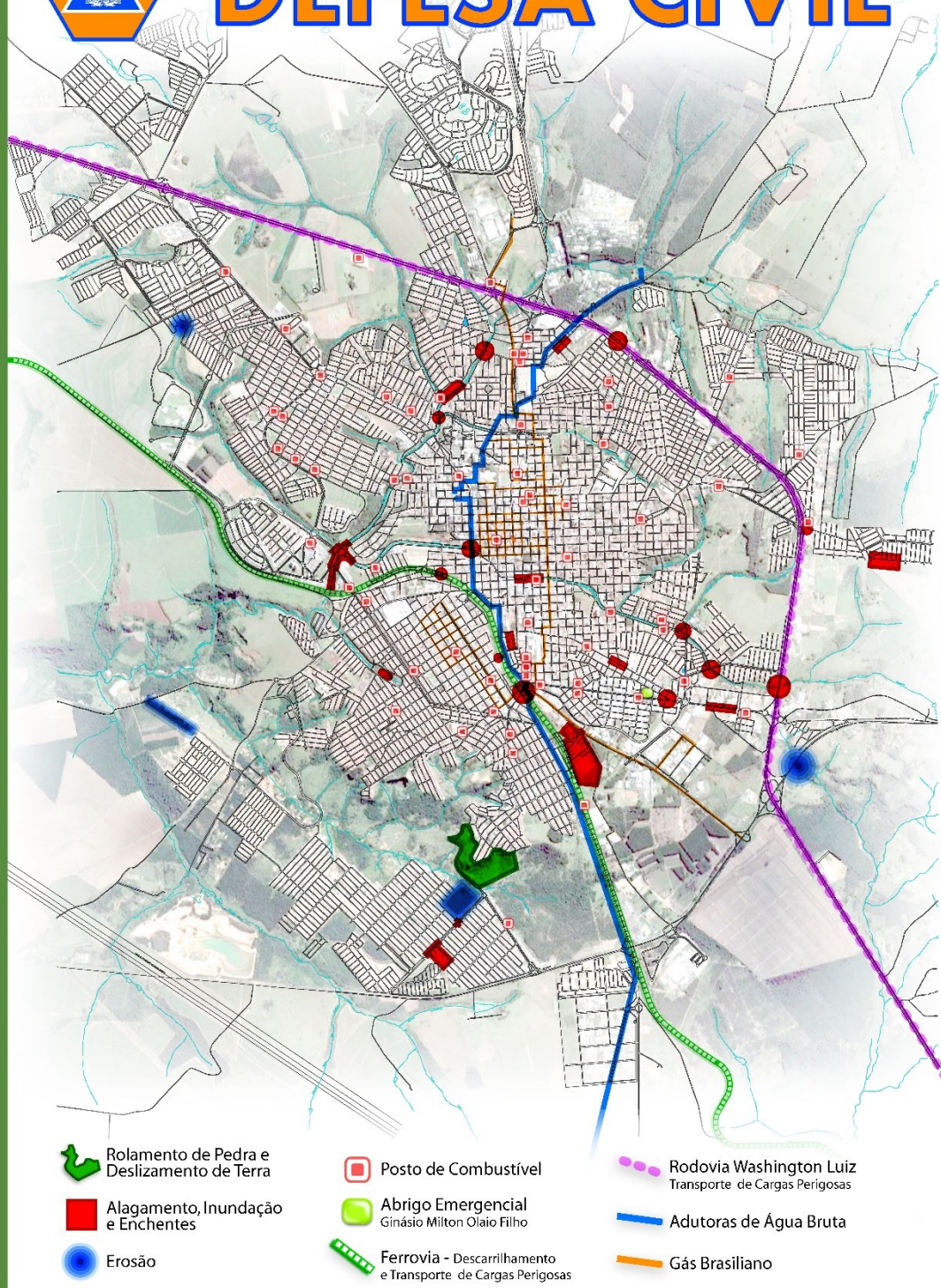
TREVISAN, Diego Peruchi; MOSCHINI, Luiz Eduardo; TREVISAN, Bruno Peruchi. **AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE DOS SOLOS À EROSÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS – SP**. Revista de Geografia, [S. l.], v. 35, n. 2, p. 354–370, 2018. DOI: 10.51359/2238-6211.2018.230496. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/230496. Acesso em: 2 fev. 2025.

Silva, Karielle & Pereira, Camila & Peres, Renata. (2021). **VARIAÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DA ÁREA URBANA E DOS PARQUES DA CIDADE DE SÃO CARLOS – SP**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana.16.20.10.5380/revsbau.v16i2.78629.

Atlas histórico socioambiental das regiões hidrográficas de São Carlos - SP [recurso eletrônico]. FREITAS, Denise de. SANTOS, Silvia Aparecida Martins dos. - 2. ed. - São Carlos: Mota Produções. 2021. Dados eletrônicos (PDF). ISBN 978-65-5654-455-5.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. de S. C. **TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE CELSIUS DO SENSOR TIRS/LANDSAT-8: METODOLOGIA E APLICAÇÕES**. REVISTA GEOGRÁFICA ACADÊMICA, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 31–45, 2013. Disponível em: https://revista.ufrr.br/rga/article/view/2996. Acesso em: 4 fev. 2025.

ANEXOS E APÊNDICES

ANEXO A – MAPA DE RISCOS AMBIENTAIS DA DEFESA CIVIL DE SÃO CARLOS

ANEXO B – MAPA DE RISCOS DA PREFEITURA DE SÃO CARLOS – PLANO DIRETOR (jun. 2014)

MAPA DE RISCOS E AMEAÇAS MULTIPLAS DE SÃO CARLOS

APÊNDICE A – TABELA DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS, FLUVIOMÉTRICAS E PLUVIOMÉTRICAS EM SÃO CARLOS – SP

NOME	CÓDIGO	TIPO	OPERADOR	LATITUDE	LONGITUDE	OPERACIONAL

PCH CAPÃO PRETO JUSANTE	2147170	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	ANA	-21.8092	-47.8097	INOPERANTE
PCH LOBO BARRAMENTO	2247218	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	ANA	-22.1678	-47.9036	INOPERANTE
PCH SANTANA MONTANTE 2	2247234	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	ANA	-22.1244	-47.9319	INOPERANTE
PCH SANTANA JUSANTE	2248129	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	ANA	-22.0736	-48.0628	INOPERANTE
PCH CAPÃO PRETO BARRAMENTO	**61909050**	**ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA**	**ANA**	**-21.8983**	**-47.7753**	**OPERANTE**
PCH CAPÃO PRETO JUSANTE	**61909100**	**ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA**	**ANA**	**-21.7833**	**-47.7906**	**OPERANTE**
PCH LOBO BARRAMENTO	**62760043**	**ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA**	**ANA**	**-22.1678**	**-47.9036**	**OPERANTE**
PCH LOBO JUSANTE	**62760044**	**ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA**	**ANA**	**-22.1611**	**-47.9014**	**OPERANTE**
JACARÉ-AÇU 1	62760130	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	DAEE	-22.1658	-47.9016	INOPERANTE
JACARÉ-AÇU 2	62760150	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	DAEE	-22.1583	-47.9002	INOPERANTE
PCH SANTANA MONTANTE 2	**62760800**	**ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA**	**ANA**	**-22.1244**	**-47.9319**	**OPERANTE**
PCH SANTANA MONTANTE 1	**62761000**	**ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA**	**ANA**	**-22.1114**	**-47.9964**	**OPERANTE**
PCH SANTANA BARRAMENTO	**62761200**	**ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA**	**ANA**	**-22.0744**	**-48.0453**	**OPERANTE**
PCH SANTANA JUSANTE	**62761250**	**ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA**	**ANA**	**-22.0736**	**-48.0628**	**OPERANTE**
HNR SÃO CARLOS	**HNR SÃO CARLOS**	**ESTAÇÃO AUTOMÁTICA**	**AMBIENT WEATHER NETWORK**	**-22.0006**	**-47.9098**	**OPERANTE**
JARDIM SÃO PAULO	354890601A	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	CEMADEN	-22.0315	-47.8697	INOPERANTE
CIDADE JARDIM	**354890602A**	**PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO**	**CEMADEN**	**-21.9968**	**-47.8921**	**OPERANTE**
ÁGUA VERMELHA	354890603A	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	CEMADEN	-21.8981	-47.8975	INOPERANTE
REPRESA DO BROA	BROA02800	IQA	CETESB	-22.1766	-47.8994	INOPERANTE
RIO MONJOLINHO - MONJ	MONJ04400	IQA	CETESB	-22.0350	-47.9575	INOPERANTE
FAZENDA SANTO INÁCIO	62767500	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	DAEE	-22.0630	-48.0900	INOPERANTE
FAZENDA SÃO JOSÉ	62770500	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	DAEE	-22.0586	-48.0888	INOPERANTE
PESQUEIRO DAS PEDRINHAS	4C-006	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	DAEE	-21.8333	-47.8333	INOPERANTE
PORTO CUNHA BUENO	4C-007	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	DAEE	-21.6967	-47.8161	INOPERANTE
PORTO CUNHA BUENO	4C-007FS	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	DAEE	-21.6969	-47.8136	INOPERANTE
PORTO CUNHA BUENO	4C-506Z	ESTAÇÃO PIEZOMÉTRICA	DAEE	-21.6983	-47.8175	INOPERANTE
FAZENDA PAINEIRA	5D-025	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	DAEE	-21.1113	-47.9961	INOPERANTE

SANTA EUDÓXIA	C4-019	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-21.7480	-47.7683	INOPERANTE
ÁGUA VERMELHA (CPEF)	C4-022	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-21.8833	-47.8833	INOPERANTE
SANTA EUDÓXIA (CPEF)	C4-023	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-21.7666	-47.8000	INOPERANTE
FAZENDA DA BARRA	C4-092	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-21.8830	-47.7833	INOPERANTE
CABACEIRAS	C4-101	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-21.7833	-47.9500	INOPERANTE
PORTO CUNHA BUENO	C4-108	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-21.6966	-47.8163	INOPERANTE
PORTO CUNHA BUENO	C4-108	ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	DAEE	-21.6966	-47.8163	INOPERANTE
VILA CARMEN	D4-015	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-22.0164	-47.9020	INOPERANTE
SÃO CARLOS	D4-017	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-22.0205	-47.8895	INOPERANTE
USINA DO LOBO	D4-033	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-22.1666	-47.9000	INOPERANTE
MONJOLINHO (CPEF)	D4-045	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-22.0333	-47.9666	INOPERANTE
SÃO CARLOS - SAAE	D4-075	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-21.9866	-47.8758	INOPERANTE
FAZENDA SANTA BÁRBARA	D4-106	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-22.0938	-47.9750	INOPERANTE
JACARÉ (CPEF)	D5-042	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-22.0333	-48.0500	INOPERANTE
FAZENDA ÁGUA BRANCA	D5-076	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	DAEE	-22.0675	-48.0461	INOPERANTE
DEFESA CIVIL	**DEFESA CIVIL**	**ESTAÇÃO AUTOMÁTICA**	**DEFESA CIVIL**	**-22.0302**	**-47.8829**	**OPERANTE**
EMBRAPA	**EMBRAPA**	**ESTAÇÃO AUTOMÁTICA**	**EMBRAPA PECUÁRIA SUDESTE**	**-21.9616**	**-47.8411**	**OPERANTE**
ELECTROLUX	ELECTROLUX	PLUVIÔMETRO	ELECTROLUX	-22.0227	-47.9055	SEM DADOS
83726	83726	ESTAÇÃO CONVENCIONAL	INMET	-21.9801	-47.8840	INOPERANTE
A711	**A711**	**ESTAÇÃO AUTOMÁTICA**	**INMET**	**-21.9805**	**-47.8837**	**OPERANTE**
RUMO CRISTO	**RUMO**	**ESTAÇÃO AUTOMÁTICA**	**RUMO S.A**	**-22.0190**	**-47.9131**	**OPERANTE**
ISOCAR15	**ISOCAR15**	**ESTAÇÃO AUTOMÁTICA**	**SMCTI**	**-22.0189**	**-47.8878**	**OPERANTE**
ISOCARLO11	**ISOCARLO11**	**ESTAÇÃO AUTOMÁTICA**	**SMCTI**	**-22.0076**	**-47.8866**	**OPERANTE**
ISOCARLO6	ISOCARLO6	ESTAÇÃO AUTOMÁTICA	UNICEP	-21.9808	-47.9304	SEM DADOS
IAU-USP	IAU-USP	ESTAÇÃO AUTOMÁTICA	USP	-22.0030	-47.8991	INOPERANTE
CHREA-BROA	2247196	PLUVIÔMETRO AUTOMÁTICO	USP	-22.1684	-47.9021	INOPERANTE
USP	USP	PLUVIÔMETRO	USP	-22.0048	-47.9351	SEM DADOS
USP	USP	PLUVIÔMETRO	USP	-22.0033	-47.9000	SEM DADOS
ISOCAR11	**ISOCAR11**	**ESTAÇÃO AUTOMÁTICA**	**WEATHER UNDERGROUND**	**-21.9957**	**-47.8457**	**OPERANTE**